

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi FUSE

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: PLASMA PROCESSING METHOD

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-096666	March 31, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 3 1 日  
Date of Application:

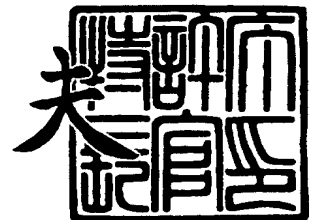
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 9 6 6 6 6  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 9 6 6 6 6 ]

出      願      人                      東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):


2 0 0 4 年    3 月    3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 6 2 4 0



【書類名】 特許願  
【整理番号】 TYL03008  
【提出日】 平成15年 3月31日  
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/3065  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター  
東京エレクトロン株式会社内  
【氏名】 布瀬 暁志  
【特許出願人】  
【識別番号】 000219967  
【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100095957  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 亀谷 美明  
【電話番号】 03-5919-3808  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100096389  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 金本 哲男  
【電話番号】 03-3226-6631  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100101557  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 萩原 康司  
【電話番号】 03-3226-6631

**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 040224**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、この処理ガスをプラズマ化して被処理体上に形成された被処理膜をレジスト膜をマスクとして所定のプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、

前記レジスト膜の膜減り速度の変化に基づいてプロセス条件を変更してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】 前記プラズマ処理は、前記レジスト膜の膜厚を監視しつつ被処理膜に対してプラズマ処理を行い、レジスト膜の膜減り速度が所定値になるまでプラズマ処理を続行する第 1 工程と、

前記第 1 工程よりも前記レジスト膜の選択比が高いプロセス条件に変えて被処理膜の残りの部分をプラズマ処理する第 2 工程と、

を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】 前記被処理膜はシリコン含有酸化膜であり、

前記第 1 工程は、C F 系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行い、

前記第 2 工程は、C H F 系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 前記第 2 工程は、減少した成分を含む処理ガスを用いたプロセス条件によりプラズマ処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】 前記被処理膜はシリコン含有酸化膜であり、

前記第 1 工程は、C F 系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行い、

前記第 2 工程は、C O x ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行うことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】 前記第 1 工程における前記レジスト膜の膜厚の監視は、前記レジスト膜からの反射光の干渉波を検出することにより行うことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体装置の製造プロセスにおいて採用されるエッチング方法に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

被処理体例えば半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と称する）の基板上にメモリ、ロジック等のMOS構造などを形成する際、シリコン酸化膜、多結晶シリコン膜等のシリコン系半導体膜層のエッチングが行われる。例えば下地のシリコン膜に形成されたシリコン酸化膜に、微細なコンタクトホールなどを形成する場合には、シリコン酸化膜上にレジスト膜をマスクとして形成した膜構造をエッチングする工程が行われる（例えば特許文献1～3参照）。

**【0003】**

例えばプラズマ処理装置の処理容器内に $CF_4$ 、 $C_2F_6$ などのCF系ガスを処理ガスとして導入し、処理ガスをプラズマ化して、処理容器内の被処理体上のシリコン酸化膜をプラズマエッチングする。この場合、エッチングレートを高めるため等の目的で、下地のシリコン膜が露出する直前までメインエッチング工程を行った後、残りの部分をオーバーエッチング工程を行うような技術がある。これは、メインエッチング工程では下地のシリコン膜が露出されないので、エッチングレートを高くするプロセス条件でエッチング処理を行って処理速度を高めるとともに、オーバーエッチング工程では下地のシリコン膜が削れないように対下地膜の選択比を高めたプロセス条件でエッチング処理を行うものである。

**【0004】**

このように、下地膜に重点をおいてメインエッチングからオーバーエッチングに切替える技術は知られている。例えば特許文献2に記載の技術は、メインエッチングは予め下地膜が露出する直前までのエッチング時間を検出しておき、その時間だけメインエッチングしてからオーバーエッチングに切替えるようにしている。

**【0005】**

また、例えば特許文献3に記載の技術は、ウエハに光を照射してその反射光を検出することにより、被処理膜であるポリシリコン膜の膜厚を監視し、下地膜が露出する直前までメインエッチングを行い、オーバーエッチングに切換えるようにしている。

**【0006】****【特許文献1】**

特開2000-91317号公報

**【特許文献2】**

特開平9-27471号公報

**【特許文献3】**

米国特許第6,081,334号明細書

**【0007】****【発明が解決しようとする課題】**

ところで、上述したように例えばシリコン酸化膜をレジスト膜をマスクとしてエッチングする場合、レジスト膜の膜厚は下地のシリコン膜が露出し始めると急激に減少するという問題があった。その原因としては次のようなことが考えられる。

**【0008】**

例えばシリコン酸化膜をCF系の処理ガスを用いてプラズマエッチングすると、 $CF_x$ などの反応生成物が発生してレジスト膜の表面に付着する。これにより、反応生成物はレジスト膜の保護膜として機能し、レジスト膜の耐プラズマ性が高められる。ところが、シリコン酸化膜のエッチングが進行して下地のシリコン膜が露出し始めると、反応生成物の発生が減少してレジスト膜に保護膜として付着する反応生成物も減少してしまう。

**【0009】**

また、処理ガスとして含まれる $O_2$ などの反応生成物抑制ガスによる反応生成物除去効果の方が大きくなり、レジスト膜に付着した反応生成物が除去され、レジスト膜自体がエッチングされてしまう。

**【0010】**

このため、オーバーエッチング工程のように下地膜が露出する工程では、エッチングの進行により、レジスト膜の膜減りが急激に進行し、エッチング途中でレジスト膜がなくなる箇所ができる。これにより、本来エッチングしたくない箇所もエッチングされるなどの問題が発生する。

#### 【0011】

従って、エッチング処理によるレジスト膜の膜減りを防止する必要性は非常に高く、レジスト膜に重点をおいてエッチング処理を行うことが望ましい。レジスト膜の膜厚に基づいてメインエッチング工程からオーバーエッチング工程へ切換え、オーバーエッチング工程はレジスト膜が膜減りしないプロセス条件で行うことが望ましい。

#### 【0012】

ところが、上述した技術のように下地膜に重点をおいてメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切換えるものはあるが、レジスト膜に重点をおいてメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切換えるものは見当らない。

#### 【0013】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、レジスト膜に重点をおいてプラズマ処理を行い、レジスト膜の膜減りを防止することができるプラズマ処理方法を提供することにある。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、気密な処理室内に処理ガスを導入し、この処理ガスをプラズマ化して被処理体上に形成された被処理膜をレジスト膜をマスクとして所定のプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、前記レジスト膜の膜減り速度の変化に基づいてプロセス条件を変更してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理方法が提供される。

また、前記プラズマ処理は、例えばレジスト膜の膜厚を監視しつつ被処理膜に対してプラズマ処理を行い、前記レジスト膜の膜減り速度が所定値になるまでプラズマ処理を続行する第1工程と、前記第1工程よりも前記レジスト膜の選択比



が高いプロセス条件に変えて被処理膜の残りの部分をプラズマ処理する第2工程とを有するようにしてもよい。

【0015】

このような本発明によれば、レジスト膜の膜厚を重視してエッチング処理を行うことができるので、レジスト膜の膜減りを防止することができる。

【0016】

また、前記被処理膜はシリコン含有酸化膜であり、前記第1工程は、CF系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行い、前記第2工程は、CHF系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行うようにしてもよい。処理ガスとしてCHF系ガスを含むプロセス条件にすることにより、第2工程においてレジスト膜の膜減りを抑制することができる。

【0017】

また、上記第2工程は、減少した成分を含む処理ガスを用いたプロセス条件によりプラズマ処理を行うようにしてもよい。プラズマ処理の途中でレジスト膜が急に膜減りするなどの変化が起こるときには、プラズマ中には減少した成分が見られるので、この減少した成分を補うプロセス条件で第2工程を実施することにより、第2工程においてレジスト膜の膜減りを抑制することができる。

【0018】

また、前記被処理膜はシリコン含有酸化膜であり、前記第1工程は、CF系ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行い、前記第2工程は、CO<sub>x</sub>ガスを含む処理ガスによりプラズマ処理を行うようにしてもよい。例えば処理ガスとしてCF系ガス(C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>ガス)を用い、レジスト膜をマスクとしてシリコン酸化膜をプラズマエッチング処理する場合には、CO、CO<sub>2</sub>などのCO<sub>x</sub>が減少することにより、対レジスト膜の選択比が低下する減少がある。そこで、減少したCOを補うように処理ガスとしてCO、CO<sub>2</sub>などのCO<sub>x</sub>を追加して第2工程を行うことにより、対レジスト膜の選択比を高めることができるので、レジスト膜の膜減りを抑制することができる。

【0019】

また、上記第1工程における前記レジスト膜の膜厚の監視は、前記レジスト膜

からの反射光の干渉波を検出することにより行うようにしてもよい。これにより、レジスト膜の膜厚を直接的に監視することができ、レジスト膜の膜厚に応じた第1工程を終了時点の検出を確実に行うことができる。これにより、レジスト膜の膜減りを確実に防止することができる。

#### 【0020】

なお、本明細書中  $1\text{ mTorr}$  は  $(10^{-3} \times 101325 / 760)\text{ Pa}$ 、 $1\text{ sccm}$  は  $(10^{-6} / 60)\text{ m}^3 / \text{sec}$  とする。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかるプラズマ処理装置の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

#### 【0022】

##### (第1の実施形態)

先ず、本発明の第1の実施形態にかかるプラズマ処理装置として例えばエッチング装置の構成について図面を参照しながら説明する。図1はエッチング装置の概略構成を示す断面図である。エッチング装置100は、電極板が上下平行に対向し、一方にプラズマ形成用電源が接続された容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

#### 【0023】

このエッチング装置100は、例えば表面が陽極酸化処理（アルマイト処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形された処理室（チャンバー）102を有しており、この処理室102は接地されている。処理室102内の底部にはセラミックなどの絶縁板103を介して、ウエハWを載置するための略円柱状のサセプタ支持台104が設けられている。このサセプタ支持台104の上には、下部電極を構成するサセプタ105（以下、下部電極ともいう）が設けられている。このサセプタ105にはハイパスフィルタ（HPF）106が接続されている。

**【0024】**

サセプタ支持台104の内部には、温度調節媒体室107が設けられている。そして、導入管108を介して温度調節媒体室107に温度調節媒体が導入、循環され、排出管109から排出される。このような温度調節媒体の循環により、サセプタ105を所望の温度に制御できるようになっている。

**【0025】**

サセプタ105は、その上側中央部が凸状の円板状に成形され、その上にウエハWと略同形の静電チャック111が設けられている。静電チャック111は、絶縁材の間に電極112が介在された構成となっている。静電チャック111は、電極112に接続された直流電源113から例えば1.5kVの直流電圧が印加されることにより、静電力によってウエハWを静電吸着する。

**【0026】**

そして、絶縁板103、サセプタ支持台104、サセプタ105、さらには静電チャック111には、被処理体であるウエハWの裏面に、伝熱媒体（例えばHeガスなどのバックサイドガス）を供給するためのガス通路114が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ105とウエハWとの間の熱伝達がなされ、ウエハWが所定の温度に維持されるようになっている。

**【0027】**

サセプタ105の上端周縁部には、静電チャック111上に載置されたウエハWを囲むように、環状のフォーカスリング115が配置されている。このフォーカスリング115は、セラミックス或いは石英などの絶縁性材料或いは導電性材料からなり、エッチングの均一性を向上させるようになっている。

**【0028】**

また、サセプタ105の上方には、このサセプタ105と平行に対向して上部電極121が設けられている。この上部電極121は、絶縁材122を介して、処理室102の内部に支持されている。上部電極121は、サセプタ105との対向面を構成し多数の吐出孔123を有する電極板124と、この電極板124を支持する電極支持体125とによって構成されている。上記電極板は例えば石英からなり、上記電極支持体125は例えば表面がアルマイト処理されたアルミ

ニウムなどの導電性材料からなる。なお、サセプタ 105 と上部電極 121 との間隔は、調節可能とされている。

#### 【0029】

上部電極 121 における電極支持体 125 の中央には、ガス導入口 126 が設けられている。このガス導入口 126 には、ガス供給管 127 が接続されている。さらにこのガス供給管 127 には、バルブ 128、並びにマスフローコントローラ 129 を介して、処理ガス供給源 130 が接続されている。

#### 【0030】

この処理ガス供給源 130 から、プラズマエッチングのためのエッチングガスが供給されるようになっている。なお、図 1 には、上記の処理ガス供給源 130 等からなる処理ガス供給系を 1 つのみ図示しているが、これらの処理ガス供給系は複数設けられており、例えば  $C_4F_6$ 、 $CF_4$ 、 $Ar$ 、 $O_2$  等のガスをそれぞれ独立に流量制御して、処理室 102 内に供給できるよう構成されている。

#### 【0031】

一方、処理室 102 の底部には排気管 131 が接続されており、この排気管 131 には排気装置 135 が接続されている。排気装置 135 はターボ分子ポンプなどの真空ポンプを備えており、処理室 102 内を所定の減圧雰囲気（例えば  $0.67 Pa$  以下）まで真空引き可能に構成されている。また、処理室 102 の側壁にはゲートバルブ 132 が設けられている。

#### 【0032】

上部電極 121 には、第 1 の高周波電源 140 が接続されており、その給電線には整合器 141 が介挿されている。また、上部電極 121 にはローパスフィルタ (LPF) 142 が接続されている。この第 1 の高周波電源 140 は、 $50 \sim 150 MHz$  の範囲の周波数を有している。このように高い周波数の電力を印加することにより、処理室 102 内に好ましい解離状態でかつ高密度のプラズマを形成することができ、従来より低圧条件下のプラズマ処理が可能となる。この第 1 の高周波電源 240 の周波数は、 $50 \sim 80 MHz$  が好ましく、典型的には図示した  $60 MHz$  またはその近傍の周波数が採用される。

#### 【0033】

下部電極としてのサセプタ 105 には、第 2 の高周波電源 250 が接続されており、その給電線には整合器 151 が介挿されている。この第 2 の高周波電源 150 は数百 kHz ～ 十数 MHz の範囲の周波数を有している。このような範囲の周波数を印加することにより、被処理体であるウエハ W に対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。第 2 の高周波電源 150 の周波数は、典型的には図示した 13.56 MHz または 2 MHz 等の周波数が採用される。

#### 【0034】

(膜厚監視手段の構成例)

また、上記エッチング装置 100 は、ウエハ上に形成された膜例えばレジスト膜の膜厚を監視する手段を備える。例えばレジスト膜からの反射光の干渉波を検出することにより、膜厚を監視する。この場合の膜厚監視手段の構成例を図 2 に示す。例えばエッチング装置 100 における処理室 102 内のウエハ表面に対して光源 202 からの光を光ファイバ 204、レンズ 206 を介して照射窓（図示しない）から照射する。そして、その反射光をポリクロメータ 208 及び光検出器 210 によって検出し、この光検出器 205 の出力信号を、演算処理部 212 によって処理するようになっている。

#### 【0035】

上記光検出器 205 で検出される光の強度は、例えばシリコン酸化膜を被処理膜としてシリコン酸化膜上に形成されたレジスト膜の膜厚を検出する場合、レジスト膜表面で反射された反射光と、レジスト膜と被処理膜との界面において反射された反射光とが干渉を起す。この干渉光の強度は、レジスト膜の膜厚の変化に応じて変化する。従って、上記干渉光を検出することにより、レジスト膜の膜厚を測定できる。これにより、レジスト膜の膜厚に応じてプロセス条件を切替えるなどのプロセス制御が可能となる。

#### 【0036】

なお、上記光源 202 としては、ハロゲンランプを使用してもよいが、LED ランプを使用してもよい。ハロゲンランプは波長領域が比較的広範囲（例えばキセノンランプでは波長領域が約 250 nm から 800 nm を越える広い範囲）で

あるのに対して、LEDランプは波長領域が非常に狭い範囲（例えば450 nmから470 nmの狭い範囲）なので、例えば460 nmの単波長を観察するだけで反射光の干渉波の検出を行うことができる。このように、光源202としてLEDランプを用いれば、エッチング終了時点を安定して検出することができる。しかも、LEDランプは、ハロゲンランプよりも長寿命、低消費電力である点でも、光源202として使用した場合には有利である。

#### 【0037】

（プラズマ処理装置の動作）

次に、上記エッチング装置100によりエッチング処理を行う際の動作について説明する。エッチング処理を行う場合には、ゲートバルブ132を開放して、ウエハWを処理室102内に搬入し、静電チャック111上に配置する。次いで、ゲートバルブ132を閉じ、排気装置135によって処理室102内を減圧した後、バルブ128を開放し、処理ガス供給源130から処理ガスを供給し、処理室102内の圧力を所定の圧力とする。この状態で第1の高周波電源140、第2の高周波電源150からそれぞれ所定の高周波電力を供給し、上記処理ガスをプラズマ化させてウエハWに作用させる。

#### 【0038】

一方、高周波電力を供給するタイミングの前後に、直流電源113を静電チャック111内の電極112に印加して、ウエハWを静電チャック111上に静電吸着させる。またエッチング処理の際には、温度調節媒体室107へ所定の温度に設定した冷媒（チラー）を供給してサセプタ105を冷却するとともに、ウエハWの裏面に所定の圧力の伝熱媒体（例えばHeガスなどのバックサイドガス）を供給することにより、ウエハWの表面温度を所定の温度に制御する。

#### 【0039】

（プラズマ処理の対象となる膜構造の具体例）

次に、上記エッチング装置100によりエッチング処理を行う被処理膜（エッチング対象膜）について図面を参照しながら説明する。ここでは、ウエハW上に形成された酸化膜を酸素を含むレジストをマスクとしてエッチングする。具体的には図4（a）に示すような膜構造300にエッチング処理を施す。この膜構造

300は、下地のシリコン膜310上に形成された被処理膜となるシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ 膜)320、シリコン酸化膜320上に形成されたレジスト膜330を有する。レジスト膜330には例えばArFフォトリソレジスト膜を使用する。レジスト膜330は上記エッチング処理に先立って、シリコン酸化膜320上に露光工程、現像工程により例えば開口などを含む所定のパターンにパターニングした。なお、レジスト膜330はシリコン酸化膜320上に有機系反射防止膜を介して形成してもよい。

#### 【0040】

なお、被処理膜としては、上記シリコン酸化膜に限られることはなく、TEOS、BPSG、PSG、SOG、熱酸化層、HTO、FSG、有機系シリコン酸化膜、CORAL(ノベラス社)等の酸化膜(酸素化合物膜)、低誘電体有機絶縁膜等や金属膜、金属化合物膜等であってもよい。また、レジスト膜としては、ArFフォトリソレジスト膜に限られることはなく、例えばKrFフォトリソレジスト膜やF<sub>2</sub>フォトリソレジスト膜等であってもよい。

#### 【0041】

(本発明の原理)

次に、本発明における原理について説明する。まず、図4(a)に示すようなシリコン酸化膜320にエッチング処理してコンタクトホールを形成する際、レジスト膜330の膜厚がどのように変化するかを実験した結果を図面を参照しながら説明する。

#### 【0042】

上記エッチング処理を行う際のプロセス条件(1)は、以下の通りである。すなわち処理室102内の圧力は20mTとし、上部電極121及び下部電極105に印加する高周波電力はともに1800Wとし、処理ガスはC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>、Ar、O<sub>2</sub>を流量比C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub>/Ar/O<sub>2</sub>=35sccm/14sccm/700sccm/36sccmで導入する。上部電極121の温度は20℃、下部電極105の温度は50℃、処理室102の側壁の温度は60℃に設定し、上部電極121とウエハWとの間の距離は、25mmとし、ウエハWの裏面に供給するバックサイドガスの圧力は、センタ5T、エッジ25Tとする。また

、ウエハWの直径は200mm、レジスト膜の膜厚は440nm、シリコン酸化膜320の膜厚は2.0 $\mu$ mである。

#### 【0043】

上記プロセス条件により下地のシリコン膜310が露出し始めるまで、メインエッチング工程を行い、さらにその後同じプロセス条件でオーバーエッチング工程を行った。各エッチング工程を行いながら、ウエハWの表面に光を照射し、反射光の干渉波を上記光検出器210により検出することによって、レジスト膜の膜厚を監視する。すると、レジスト膜330の膜厚と時間との関係は図3に示すようになる。

#### 【0044】

例えば、下地のシリコン膜310が露出し始める150秒だけメインエッチング工程を行ったところでは、レジスト膜330のエッチングレートは86nm/分、レジスト膜330の膜厚は197nmであった。また下地のシリコン膜310が露出してからさらに30秒だけオーバーエッチング工程を行ったところでは、レジスト膜330のエッチングレートは200nm/分、レジスト膜330の膜厚は121nmであった。

#### 【0045】

図3によれば、レジスト膜330の膜厚は、下地であるシリコン膜310が露出すると急激に減少することがわかる。その原因としては次のようなことが挙げられる。

#### 【0046】

上記プロセス条件(1)による処理ガスには、 $C_4F_6$ 、 $CF_4$ のCF系ガスが含まれているので、処理ガスをプラズマ化してエッチング処理することにより、 $CF_x$ などの反応生成物が発生してレジスト膜330の表面に付着する。これにより、反応生成物はレジスト膜330の保護膜として機能し、対レジスト膜の選択比も高くなる。

#### 【0047】

ところが、シリコン酸化膜320のエッチングが進行して下地のシリコン膜310が露出し始めると、反応生成物の発生が減少してレジスト膜330に保護膜



として付着する反応生成物も減少してしまう。また、処理ガスとして含まれる $O_2$ などの反応生成物抑制ガスによる反応生成物除去効果の方が大きくなり、レジスト膜 330 に付着した反応生成物が除去され、レジスト膜 330 自体がエッチングされてしまう。

#### 【0048】

例えば $C_xF_y$ 、 $Ar$ 、 $O_2$ を処理ガスとして図 4 (a) に示すような膜構造 300 に対してエッチング処理する場合、すなわちレジスト膜 330 をマスクとしてシリコン酸化膜 320 にエッチング処理する場合を考える。処理ガスのうち $C_xF_y$ はシリコン酸化膜 320 を削る効果がある。また $O_2$ は、一般に反応生成物を除去する効果がある。このような $O_2$ が処理ガスに含めるのは、レジスト膜 330 に付着する反応生成物の量が多すぎないようにするためである。すなわち、レジスト膜 330 に付着する反応生成物の量が多すぎると、パターンニングされたレジスト膜 330 の孔を塞いでしまうので、かえってエッチングの妨げとなる。

#### 【0049】

このような処理ガスによりシリコン酸化膜 ( $SiO_2$ ) 320 にプラズマ処理を行うと、例えば $C_xF_y$ と $SiO_2$ との化学反応が起り、 $SiO_2$ が削られる。このような化学反応により、 $CO$ 、 $SiF_x$ が気体として発生するとともに $CF_x$ が反応生成物として発生する。このうち、反応生成物 $CF_x$ はレジスト膜 330 に付着して保護膜として機能する。このとき処理ガスには $O_2$ が含まれているので、レジスト膜 330 に付着する反応生成物 $CF_x$ の量は抑制される。

#### 【0050】

一方、 $CO_x$ は一般に $O_2$ の反応生成物除去効果を抑制する方向へ働くことが知られている。このため、メインエッチング工程のように未だシリコン酸化膜 ( $SiO_2$ ) 320 がたくさん残っている間は $C_xF_y$ と $SiO_2$ との化学反応が進むため、反応生成物 $CF_x$ が多く発生するとともに、 $CO$ も多く発生して $O_2$ の反応生成物除去効果を抑制する。このため、反応生成物 $CF_x$ はレジスト膜 330 に比較的多めに付着する。

#### 【0051】

ところが、シリコン酸化膜 320 のエッチングが進行し、レジスト膜 330 の膜減りが急になった時点では、下地膜が露出し始め、シリコン酸化膜 ( $\text{SiO}_2$ ) 320 が減少するので、 $\text{C}_x\text{F}_y$  と  $\text{SiO}_2$  との化学反応も減少する。このため、エッチング処理による反応生成物  $\text{CF}_x$  の量が減少するとともに  $\text{CO}$  の量が減少する。 $\text{CF}_x$  の量が減少すると、レジスト膜 330 に保護膜として付着する反応生成物の量も減少する。また、 $\text{CO}$  の量が減少すると、 $\text{O}_2$  の反応生成物除去効果を抑制できなくなるため、反応生成物除去が進むことになる。従って、レジスト膜 330 には反応生成物が付着しなくなるとともに、反応生成物の除去も進む。さらに処理ガスに含まれる  $\text{O}_2$  はレジスト膜 330 をエッチングする作用もあるので対レジスト選択比が低下し、例えば反応生成物が除去されて保護膜がなくなり露出したレジスト膜 330 の表面は膜減りが進む。

#### 【0052】

本発明では、上記したようにレジスト膜 330 はある時点で急に膜減りが進む点に着目し、レジスト膜 330 に重点をおいてメインエッチング工程からオーバーエッチング工程へ切換え、オーバーエッチング工程はレジスト膜 330 が膜減りしないプロセス条件で行う。具体的には、レジスト膜 330 の膜厚を監視しつつエッチング処理を行い、図 3 に示すようにレジスト膜 330 の膜減り速度が急に大きくなる点線のところでメインエッチング工程（第 1 工程）からオーバーエッチング工程（第 2 工程）に切換え、オーバーエッチング工程はレジスト膜の膜減りを防止するプロセス条件により行う。これにより、エッチング処理によるレジスト膜の膜減りを防止することができる。

#### 【0053】

（プラズマ処理の例）

次に、上述した原理に基づいてエッチング装置 100 を用いてプラズマ処理を行う。ここでは、プラズマ処理の例としてシリコン酸化膜へのエッチング処理について説明する。例えば図 4 (a) に示すようにレジスト膜 330 をマスクとしてシリコン酸化膜 320 にエッチング処理してコンタクトホール 340 を形成する。具体的には、先ずメインエッチング工程（第 1 工程）を行い、続いてオーバーエッチング工程（第 2 工程）を行う。メインエッチング工程のプロセス条件は

、上記プロセス条件（１）と同様である。

#### 【0054】

ここで、メインエッチング処理（第１工程）の終点は、図３に示すようにレジスト膜３３０の膜厚が急に減少する時点（図３に示す点線）とする。具体的には演算処理部２１２により光検出器２１０からの検出値に基づいてレジスト膜３３０の膜厚の微分値を算出し、その微分値が予め設定した所定値になった時点とする。上記の例によれば、このメインエッチング工程の終了時間はメインエッチング開始から約１５０秒であった。なお、メインエッチング工程が終了する時点では、下地のシリコン膜３１０が露出し始めるため、膜構造３００は模式的に示すと図４（ｂ）に示すようになる。

#### 【0055】

その後、レジスト膜３３０の膜減りを防止するプロセス条件でオーバーエッチング工程を行う。具体的には例えば処理ガスに $\text{CH}_x\text{F}_y$ を含める。ここでは、処理ガスとして $\text{CF}_4$ の代りに $\text{CH}_3\text{F}$ を入れている。

#### 【0056】

具体的なオーバーエッチング工程のプロセス条件（２）は、以下の通りである。すなわち処理室１０２内の圧力は４０ｍＴとし、上部電極１２１に印加する高周波電力は１８００Ｗとし、下部電極１０５に印加する高周波電力は１４００Ｗとし、処理ガスは $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{O}_2$ を流量比 $\text{C}_4\text{F}_6/\text{CH}_3\text{F}/\text{Ar}/\text{O}_2=25\text{ sccm}/5\text{ sccm}/900\text{ sccm}/26\text{ sccm}$ で導入する。上部電極１２１の温度は２０℃、下部電極１０５の温度は５０℃、処理室１０２の側壁の温度は６０℃に設定し、上部電極１２１とウエハＷとの間の距離は４５ｍｍとし、ウエハＷの裏面に供給するバックサイドガスの圧力は、センタ１５Ｔ、エッジ２５Ｔとする。

#### 【0057】

上記オーバーエッチング工程の終了時点は、例えばオーバーエッチング工程の開始から１２０秒とする。オーバーエッチング工程では残ったシリコン酸化膜３２０がすべてエッチングされるので、このときの膜構造３００は模式的に示すと図４（ｃ）に示すようになる。

## 【0058】

このようなエッチング処理を行った結果、メインエッチング工程の終了時点（約150秒後）のレジスト膜330のエッチングレートは157nm/分、レジスト膜330の膜厚は121nmであった。その後にオーバーエッチング工程を120秒行った時点におけるレジスト膜330の膜厚は197nmであった。また、オーバーエッチング工程において、 $\text{CH}_3\text{F}$ の流量比のみを6sccmに増やして上記と同様に120秒行った場合には、レジスト膜330の膜厚は257nmであった。

## 【0059】

上記実験結果によれば、レジスト膜330の膜厚は、図3の一点鎖線に示すようにオーバーエッチング工程に切換えられてから徐々に増加する傾向となる。すなわち、レジスト膜330の膜厚の減少が抑えられていることがわかる。

## 【0060】

このように、レジスト膜330の膜厚を監視しつつエッチング処理を行い、レジスト膜330の膜減り速度が急に大きくなる時点でメインエッチング工程（第1工程）からオーバーエッチング工程（第2工程）に切換え、オーバーエッチング工程はレジスト膜の膜減りを防止するプロセス条件により行うことにより、エッチング処理によるレジスト膜330の膜減りを防止することができる。

## 【0061】

（第2の実施形態）

次に、本発明にかかる第2の実施形態について説明する。第2の実施形態は、レジスト膜330の選択比が高いプロセス条件の他の例として、メインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切換えるときに減少する成分を処理ガスとして補うように追加したプロセス条件でオーバーエッチング工程を行うものである。

## 【0062】

例えば第1の実施形態で説明したように $\text{C}_x\text{F}_y$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{O}_2$ を処理ガスとしてレジスト膜330をマスクとしてシリコン酸化膜320にエッチング処理する場合には、シリコン酸化膜320のエッチングを実行していくと、図3の実線に

示すようにレジスト膜 330 はある時点までは膜減りがそれほど進まず、ある時点を越えると急に膜減りが進む性質がある。

#### 【0063】

この原因の 1 つには、上述したように化学反応が  $CO$  の減少が考えられる。すなわち、 $CO$  の量が減少すると、処理ガスに含まれる  $O_2$  の反応生成物除去効果を抑制できなくなるため、反応生成物除去が進行する。さらに、 $O_2$  はレジスト膜 330 をエッチングする作用もあるので対レジスト選択比が低下し、例えば反応生成物が除去されて保護膜がなくなり露出したレジスト膜 330 の表面はレジスト膜 330 の膜減りが進む。

#### 【0064】

従って、本実施形態では、減少した  $CO$  などの  $CO_x$  をオーバーエッチング工程の処理ガスとして補うことにより、 $O_2$  の反応生成物除去効果を抑制させて、レジスト膜 330 の表面から反応生成物が除去されないようにすることができる。これにより、レジスト膜 330 の膜減りを防止することができる。

#### 【0065】

なお、ここではメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切換えるときに減少する成分として、 $CO$  が減少した場合を例に挙げて説明したが、エッチングする膜構造や処理ガスなどによって減少する成分も異なる。上記と別の例として、例えば有機系 Low-k 膜をエッチングする場合を考える。この場合の膜構造としては、例えば SiN 膜を下地としてその上に被処理膜としての有機系 Low-k 膜が形成される。この有機系 Low-k 膜上にハードマスクとしての酸化膜が形成され、さらにその上にフォトリソ膜 (PR) が形成される。このような膜構造にエッチングする場合、例えば有機系 Low-k 膜とフォトリソ膜を同時にエッチングし、エッチング完了時にはフォトリソ膜のアッシングも同時に終了させるようにする処理がある。このようなエッチング処理を行う場合、例えばフォトリソ膜が有機系 Low-k 膜よりも先になくなると、フォトリソ膜から  $CH_x$  を含む反応生成物が減少してしまい、有機系 Low-k 膜のエッチング特性が大きく変化してしまう。従って、減少した反応生成物  $CH_x$  をオーバーエッチングの際に処理ガスとして供給することにより、たとえ

先にフォトリソ膜がなくなったとしても、有機系Low-k膜のエッチング特性の変化を防止することができる。これにより、有機系Low-k膜のエッチングを安定して行うことができる。

#### 【0066】

次に、第2の実施形態におけるメインエッチング工程からオーバーエッチング工程への切換えのタイミングについて説明する。第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様にレジスト膜が急に膜減りした時点で切換える。その際、第1の実施形態では、レジスト膜の膜厚を図2に示すような反射光の干渉波を検出することによって直接的に監視して急に膜減りした時点（図3の点線で示す時点）を検出した。第2の実施形態でも第1の実施形態と同様にレジスト膜の膜厚を直接的に監視するようにしてもよい。

#### 【0067】

なお、第2の実施形態では、減少した成分を監視することによりレジスト膜の膜厚を間接的に監視するようにしてもよい。例えば上記したシリコン酸化膜320をエッチングする例を考えると、レジスト膜330の膜減りが急に進む時点では、下地が露出し始めるため、COが急に減少する。従って、COの量を監視しつつエッチング処理を行い、COの量が急に減少した時点でオーバーエッチング処理に切換えるようにしてもよい。具体的には、COの量の微分値が所定値を越えた時点で処理ガスとしてCOを補うプロセス条件でオーバーエッチング工程を行うようにしてもよい。

なお、エッチング処理により減少した成分の検出は、例えばプラズマ発光のスペクトルを検出することにより監視して行うようにしてもよい。具体的には処理室102に例えば石英から成るプラズマ光の検出窓（図示しない）を設け、この検出窓を介して処理室102内の発光スペクトルを、処理室102の外部に設けた終点検出器（図示しない）の光受容部に伝達する。そして、終点検出器では、光受容部で伝達された発光スペクトルの変化に基づいてエッチング処理の終点を検出する。

#### 【0068】

上記第1の実施形態、第2の実施形態で詳述したように、本発明では、レジス

ト膜に重点をおいて、例えばレジスト膜の膜厚を監視し、レジスト膜の膜減りが急になる時点でメインエッチング工程からオーバーエッチング工程へ切り換え、オーバーエッチング工程はレジスト膜が膜減りしないプロセス条件で行う。これにより、レジスト膜の膜減りを防止することができ、エッチング途中でレジスト膜がなくなることを防止でき、本来エッチングしたくない箇所がエッチングされるなどの不都合を解消することができる。

#### 【0069】

なお、本発明ではレジスト膜のみに重点をおいてメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切り換えるようにしているが、上述したようにレジスト膜の膜減りが急になる時点では、下地膜が露出し始めるので、オーバーエッチング工程において対下地膜の選択比をも高くするプロセス条件にすれば、下地膜の保護も可能となる。

#### 【0070】

すなわち、従来のように下地膜を重視してメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切り換えたのではレジスト膜の膜減りが急激に進んでしまう不都合があるが、本発明のようにレジスト膜を重視してメインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切り換えることにより、レジスト膜の膜減り防止のみならず、下地膜の保護も可能となる。換言すると、メインエッチング工程からオーバーエッチング工程に切り換える場合には、下地膜に注意を払わなくても、レジスト膜だけを監視すれば十分であり、レジスト膜、下地膜の両方の保護が可能である。

#### 【0071】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

#### 【0072】

例えば、エッチングプラズマ処理装置としては、平行平板型プラズマエッチン

グプラズマ処理装置に限らず、ヘリコン波プラズマエッチングプラズマ処理装置、誘導結合型プラズマエッチングプラズマ処理装置等に適用してもよい。

### 【0073】

#### 【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、レジスト膜の膜厚を重視してエッチング処理を行うことができるので、レジスト膜の膜減りを防止することができる。これにより、例えばエッチング途中でレジスト膜がなくなることを防止でき、本来エッチングしたくない箇所がエッチングされるなどの不都合を解消することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1の実施形態にかかるプラズマ処理方法を実施するプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

##### 【図2】

同実施形態における膜厚監視手段の構成例を説明する図である。

##### 【図3】

レジスト膜の膜厚と時間との関係を示す図である。

##### 【図4】

本発明の第1の実施形態におけるエッチング方法の工程図である。

#### 【符号の説明】

- |     |               |
|-----|---------------|
| 100 | プラズマ処理装置      |
| 102 | 処理室           |
| 103 | 絶縁板           |
| 104 | サセプタ支持台       |
| 105 | サセプタ（下部電極）    |
| 106 | ハイパスフィルタ（HPF） |
| 107 | 温度調節媒体室       |
| 108 | 導入管           |
| 109 | 排出管           |

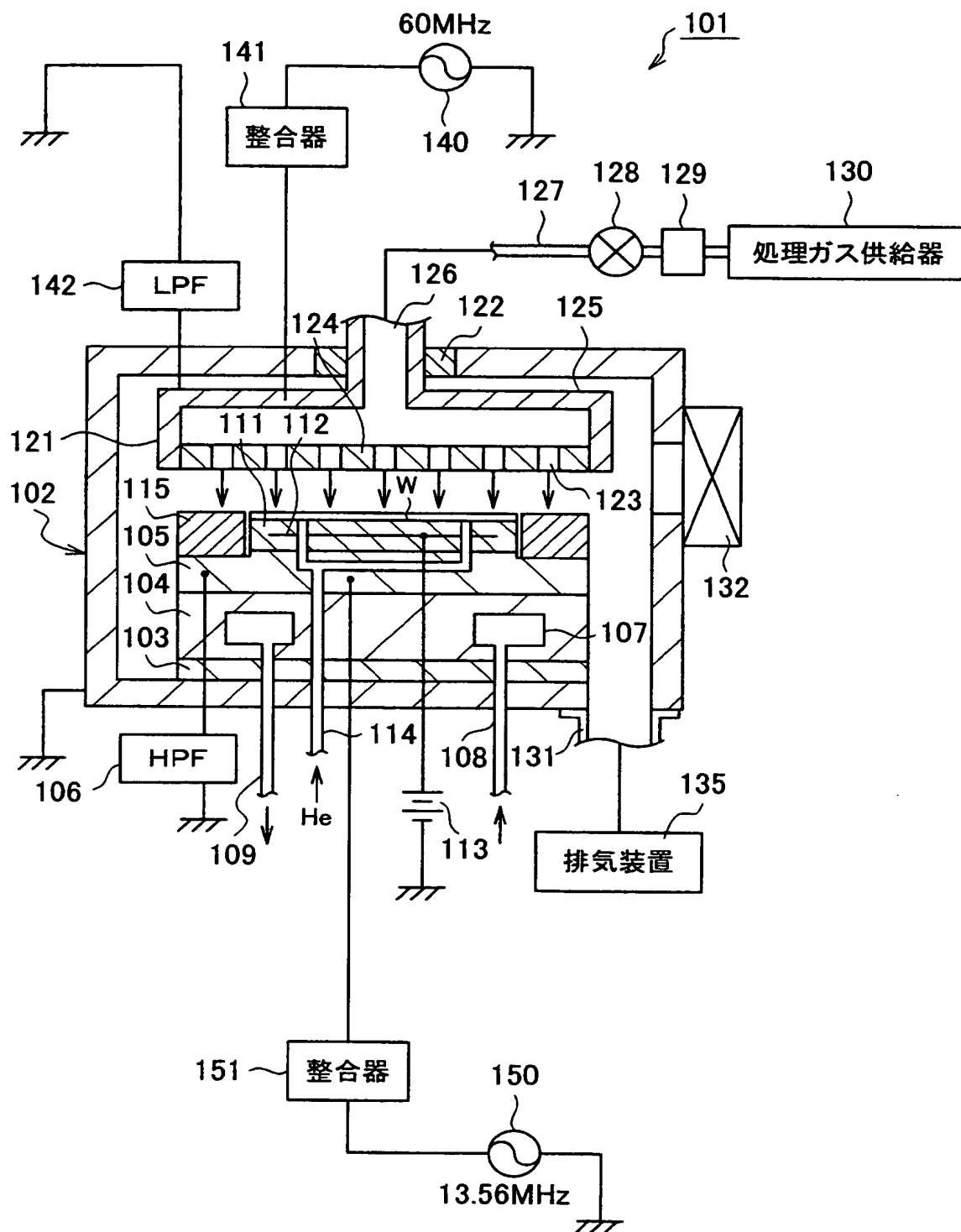


1 1 1	静電チャック
1 1 2	電極
1 1 3	直流電源
1 1 4	ガス通路
1 1 5	フォーカスリング
1 2 1	上部電極
1 2 2	絶縁材
1 2 3	吐出孔
1 2 4	電極板
1 2 5	電極支持体
1 2 6	ガス導入口
1 2 7	ガス供給管
1 2 8	バルブ
1 2 9	マスフローコントローラ
1 3 0	処理ガス供給源
1 3 1	排気管
1 3 2	ゲートバルブ
1 3 5	排気装置
1 4 0	高周波電源
1 4 1	整合器
1 4 2	ローパスフィルタ (L P F)
1 5 0	高周波電源
1 5 1	整合器
2 0 2	光源
2 0 4	光ファイバ
2 0 5	光検出器
2 0 6	レンズ
2 0 8	ポリクロメータ
2 1 0	光検出器

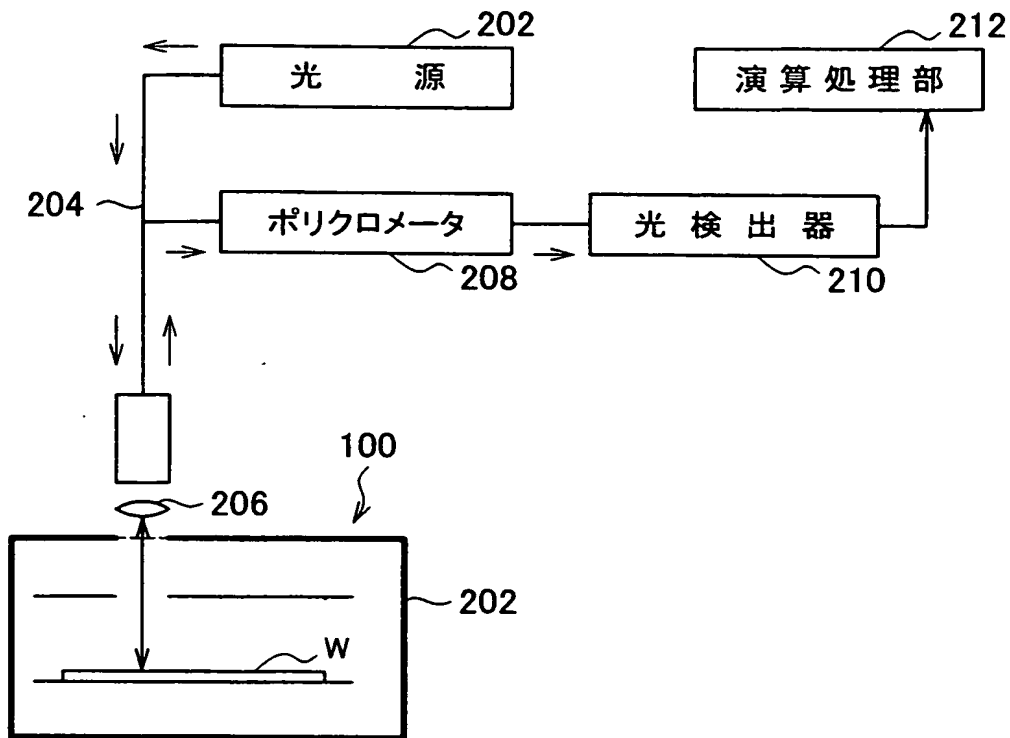
2 1 2 演算処理部  
2 4 0 高周波電源  
2 5 0 高周波電源  
3 0 0 膜構造  
3 1 0 シリコン膜  
3 2 0 シリコン酸化膜  
3 3 0 レジスト膜  
3 4 0 コンタクトホール  
W ウエハ

【書類名】 図面

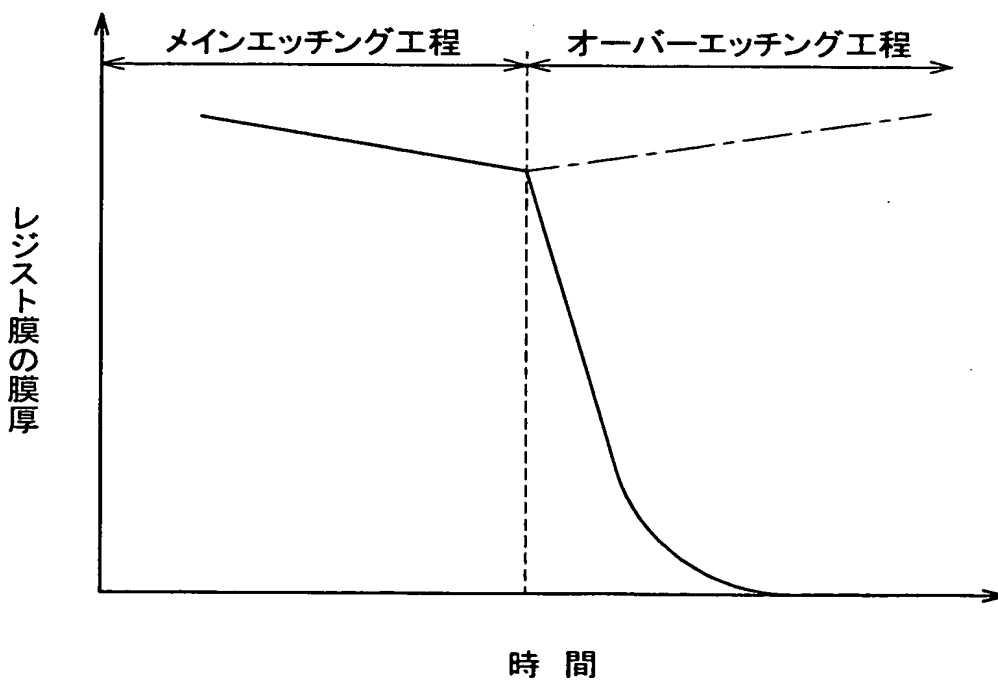
【図 1】



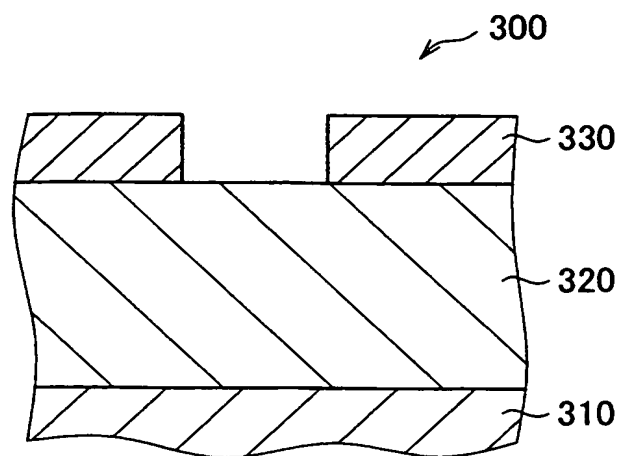
【図 2】



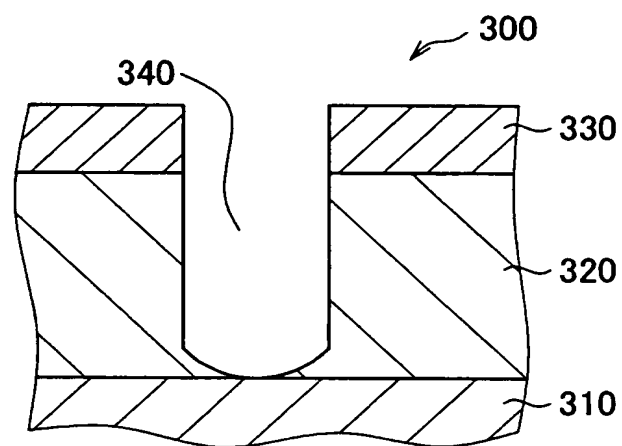
【図 3】



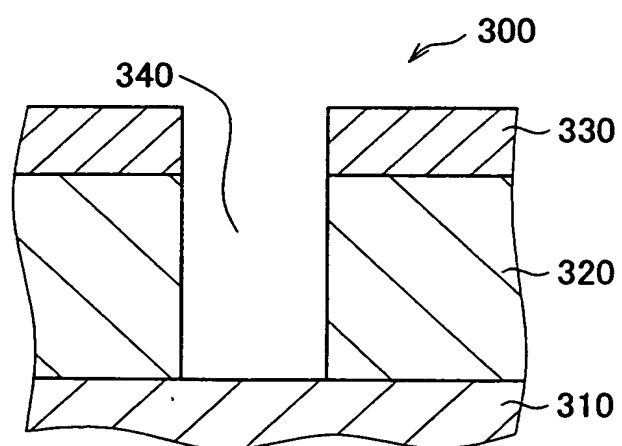
【図 4】



(a)



(b)



(c)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レジスト膜に重点をおいてプラズマ処理を行い、レジスト膜の膜減りを防止する。

【解決手段】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、被処理体上に形成された被処理膜をレジスト膜をマスクとして所定のプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、レジスト膜の膜厚を監視しつつ被処理膜に対してプラズマ処理を行い、レジスト膜の膜減り速度が所定値になるまでプラズマ処理を続行するメインエッチング工程（第1工程）と、レジスト膜の選択比が高いプロセス条件に変えて被処理膜の残りの部分をプラズマ処理するオーバーエッチング工程（第2工程）とを有する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 9 6 6 6 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 9 月 5 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 2 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社